

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-162164

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月19日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 6 T 17/00

G 0 6 F 15/62

3 5 0 A

15/00

15/72

4 5 0 A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平8-318311

(22) 出願日 平成 8 年(1996) 11 月 28 日

(71) 出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号

(72) 発明者 高倉 章

東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号

大日本印刷株式会社内

(72) 発明者 飯沼 輝明

東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号

大日本印刷株式会社内

(72) 発明者 山地 正高

東京都新宿区市谷加賀町一丁目 1 番 1 号

大日本印刷株式会社内

(74) 代理人 弁理士 高矢 諭 (外 2 名)

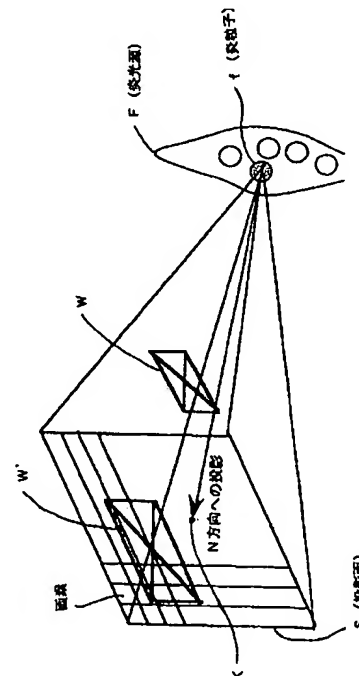
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変動光源による形状色算出装置及びそれを含む画像制作装置

(57) 【要約】

【課題】 位置や光量が経時的に変化する炎等の変動光源により物体形状の表面に映し出される陰影の揺らぎを表現する形状色を計算する。

【解決手段】 変動光源を構成する個々の炎粒子  $f$  毎に、該炎粒子  $f$  の位置を基準点として正規化された計算用の投影面  $S$  を発生させ、該投影面に物体形状  $W$  を投影する手段と、前記投影面に対して、基準点からの垂線の交点  $K$  を原点とし、該原点から離れる程小さい値となる、炎粒子からの放射エネルギーの分配係数を、画素を単位として設定する手段と、壁  $W$  の表面における受光エネルギーを、該形状を分割したポリゴン単位として、各画素に設定された分配係数と、基準点上の炎粒子の仮想エネルギーとに基づいて計算する手段と、各ポリゴン毎に、受光エネルギーと、炎粒子の色及び壁の色とに基づいて形状色を計算する手段とを備えた装置とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】位置及び光量の少なくとも一方が変化する変動光源により物体形状の表面に映し出された陰影の色を算出する変動光源による形状色算出装置であって、3次元座標データで記述された物体形状を入力すると共に、該形状を複数のポリゴンに分割する手段と、3次元位置座標及び仮想エネルギーの2つの情報を有する1以上の粒子光源を設定し、これら2つの情報の少なくとも一方を計算ステップ毎に変化させる手段と、個々の粒子光源毎に、該粒子光源の位置を基準点として正規化された計算用の投影面を発生させると共に、該投影面に前記物体形状を投影する手段と、前記投影面に対して、基準点からの垂線の交点を原点とし、該原点から離れる程小さい値となる、前記粒子光源からの放射エネルギーの分配係数を、画素を単位として設定する手段と、前記物体形状の表面における受光エネルギーを、前記ポリゴンを単位として、各画素に設定された分配係数と、基準点上の粒子光源の仮想エネルギーとに基づいて計算する手段と、各ポリゴン毎に、計算された受光エネルギーと、別途入力される粒子光源の色及び物体形状の色とに基づいて形状色を計算する手段と、を備えていることを特徴とする変動光源による形状色算出装置。

【請求項2】請求項1において、

前記変動光源が、計算ステップ毎に所定の発生源から炎の元になる複数の粒子光源を発生させて作成される仮想的な炎光源であることを特徴とする変動光源による形状色算出装置。

【請求項3】位置及び光量の少なくとも一方が変化する変動光源により物体形状の表面に映し出された陰影の色を算出する変動光源による形状色算出装置を含む画像制作装置であって、

3次元座標データで記述された物体形状を入力すると共に、該形状を複数のポリゴンに分割する手段と、

3次元位置座標及び仮想エネルギーの2つの情報を有する1以上の粒子光源を設定し、これら2つの情報の少なくとも一方を計算ステップ毎に変化させる手段と、個々の粒子光源毎に、該粒子光源の位置を基準点として正規化された計算用の投影面を発生させると共に、該投影面に前記物体形状を投影する手段と、

前記投影面に対して、基準点からの垂線の交点を原点とし、該原点から離れる程小さい値となる、前記粒子光源からの放射エネルギーの分配係数を、画素を単位として設定する手段と、

前記物体形状の表面における受光エネルギーを、前記ポリゴンを単位として、各画素に設定された分配係数と、基準点上の粒子光源の仮想エネルギーとに基づいて計算する手段と、

各ポリゴン毎に、計算された受光エネルギーと、別途入力

される粒子光源の色及び物体形状の色とに基づいて形状色を計算する手段と共に、

前記物体形状を2次元投影して投影画像を作成すると共に、個々の粒子光源について計算された各ポリゴンの形状色を、該投影画像の対応するポリゴンに付加し、変動光源からの光が物体形状の表面に映し出された画像を制作する手段を備えていることを特徴とする画像制作装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、コンピュータグラフィックス（CG）の画像制作、例えばCGカレンダー、CGホログラム、CGアニメーション、CGコマーシャル、CGポスター、ハイビジョンCG静止画番組等の制作等に適用して好適な、変動光源による形状色算出装置及びそれを含む画像制作装置に関する。

【0002】

【従来の技術】CG制作において、炎を光源としたときに物体形状の表面に光が映し出されて生じる部分的な明暗の差である“陰”や、光が途中で遮られるために生じる“影”（以下、これらを総称して“陰影”という）が表現された画像を制作する場合は、従来は、点光源や面光源に炎に近似する色を割り当て、通常のレンダリング処理を行って、陰影が表現された画像を制作していた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記のような従来の陰影画像の制作技術によっては、光源から光が映し出されて生じる陰影は一律で、実際の炎を光源とした場合のような炎の揺らぎに起因する陰影の揺らぎの質感を表現することは困難であるという問題があった。

【0004】本発明は、前記従来の問題点を解決するべく考えられたもので、炎を始めとして、位置や光量が経時的に変化する変動光源により、物体形状の表面に映し出される陰影の揺らぎを表現する形状色を、計算することができる技術を提供することを第1の課題とする。

【0005】本発明は、又、前記変動光源により物体形状の表面に映し出された陰影の揺らぎが表現された画像を制作することができる技術を提供することを第2の課題とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、位置及び光量の少なくとも一方が変化する変動光源により物体形状の表面に映し出された陰影の色を算出する変動光源による形状色算出装置であって、3次元座標データで記述された物体形状を入力すると共に、該形状を複数のポリゴンに分割する手段と、3次元位置座標及び仮想エネルギーの2つの情報を有する1以上の粒子光源を設定し、これら2つの情報の少なくとも一方を計算ステップ毎に変化させる手段と、個々の粒子光源毎に、該粒子光源の位置を

基準点として正規化された計算用の投影面を発生させると共に、該投影面に前記物体形状を投影する手段と、前記投影面に対して、基準点からの垂線の交点を原点とし、該原点から離れる程小さい値となる、前記粒子光源からの放射エネルギーの分配係数を、画素を単位として設定する手段と、前記物体形状の表面における受光エネルギーを、前記ポリゴンを単位として、各画素に設定された分配係数と、基準点上の粒子光源の仮想エネルギーとに基づいて計算する手段と、各ポリゴン毎に、計算された受光エネルギーと、別途入力される粒子光源の色及び物体形状の色とに基づいて形状色を計算する手段と、を備えたことにより、前記第1の課題を達成したものである。

【0007】本発明は、又、位置及び光量の少なくとも一方が変化する変動光源により物体形状の表面に映し出された陰影の色を算出する変動光源による形状色算出装置を含む画像制作装置であって、3次元座標データで記述された物体形状を入力すると共に、該形状を複数のポリゴンに分割する手段と、3次元位置座標及び仮想エネルギーの2つの情報を有する1以上の粒子光源を設定し、これら2つの情報の少なくとも一方を計算ステップ毎に変化させる手段と、個々の粒子光源毎に、該粒子光源の位置を基準点として正規化された計算用の投影面を発生させると共に、該投影面に前記物体形状を投影する手段と、前記投影面に対して、基準点からの垂線の交点を原点とし、該原点から離れる程小さい値となる、前記粒子光源からの放射エネルギーの分配係数を、画素を単位として設定する手段と、前記物体形状の表面における受光エネルギーを、前記ポリゴンを単位として、各画素に設定された分配係数と、基準点上の粒子光源の仮想エネルギーとに基づいて計算する手段と、各ポリゴン毎に、計算された受光エネルギーと、別途入力される粒子光源の色及び物体形状の色とに基づいて形状色を計算する手段と共に、前記物体形状を2次元投影して投影画像を作成すると共に、個々の粒子光源について計算された各ポリゴンの形状色を、該投影画像の対応するポリゴンに付加し、変動光源からの光が物体形状の表面に映し出された画像を制作する手段を備えたことにより、前記第2の課題を解決したものである。

【0008】即ち、請求項1の発明においては、粒子光源を単位として変動光源を構成すると共に、3次元座標で位置が規定される個々の粒子光源について、同光源の位置を基準点として正規化された計算用の投影面を想定し、該投影面上に上記対象形状を投影する。

【0009】又、上記投影面上で粒子光源から放射されるエネルギーの強弱の程度を表わす分配係数を設定する。この分配係数は、上記基準点から投影面に垂線を下ろし、その交点を該投影面上の原点とし、該基準点上の粒子光源からの放射エネルギーは、直近の原点が最大で、これより離れるに従って減衰するという原理に基づいて設定する。

【0010】そして、前記対象形状の表面が粒子光源から受ける放射エネルギーの量を、該形状を構成する各ポリゴンを単位として計算する。そのために、正規化された上記投影面上に投影された対応する各ポリゴンについて、それぞれに含まれる画素に設定されている前記分配係数の値を合計し、その合計値を各ポリゴンがそれぞれ1つの粒子光源から受けるエネルギーの相対的割合とする。

【0011】このように各ポリゴンを単位に粒子光源から受ける放射エネルギーの相対的割合（分配係数の合計）を求めることにより、粒子光源が有する色とポリゴンが本来有するオリジナルの形状色とに基づいて、光を受けた形状表面の色をポリゴンを単位に計算することができる。

【0012】変動光源に複数の粒子光源が存在する場合は、各粒子光源毎に同様の計算処理を行い、ポリゴンを単位でその色を合計することにより、変動光源全体から光を受けたときの形状色を算出することができる。

【0013】又、請求項3の発明においては、以上のように算出された形状色を、実際に前記物体形状を2次元投影して得られる投影画像に対して、前記ポリゴンを単位にレンダリング処理することにより、変動光源からの光による陰影が表現されたリアルな画像を制作することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0015】図1は、本発明に係る一実施形態の変動光源による形状色算出装置を含む画像制作装置（システム）の概略構成を示すブロック図である。

【0016】本実施形態では、変動光源として仮想的に発生させる炎光源を使用する。そのため、上記画像制作システムは、炎による陰影が表面に映し出される対象となる物体の形状や、炎の発生源となる形状、例えば“蠟燭”等が予め格納されている、メモリ等からなる形状入力装置10と、入力された上記形状について投影画像を作成する際に使用するライト、カメラに関する情報を入力するためのライト、カメラ情報入力装置12と、これら各装置10、12から入力された形状とライト、カメラ情報とに基づいて、該形状を2次元投影処理する投影処理装置14と、炎画像を制作する際に使用する各種パラメータを指定する炎パラメータ指定装置16と、投影された形状の一部又は全部を発生源として、炎の元になる複数の粒子を発生させると共に、該粒子を各種パラメータに従って変化させることにより仮想的な炎画像を制作する炎画像制作装置18と、を備えている。

【0017】又、本実施形態の画像制作システムは、上記炎画像制作装置18で発生させ、変化させる複数の粒子（光源）からなる炎光源による、前記物体形状の表面における形状色の算出を行う形状色算出装置20と、前

記形状入力装置10から入力した陰影が映し出される対象の物体の形状データや、ライト、カメラ情報入力装置12から入力した情報を用いて、該物体形状の2次元投影画像を制作すると共に、上記算出装置20で計算して得られた形状色を用いて、この物体形状の投影画像をレンダリングする投影画像制作装置22と、を備えている。

【0018】本実施形態では、前記炎画像作成装置18が独立した機能を有しているため、便宜上、先に形状入力装置10からこの制御装置18までの構成と作用について詳述する。

【0019】前記ライト、カメラ情報入力装置12は、CGにおいて、投影画像を作成する際に一般に用いられる情報を入力するもので、ここで入力されるライト情報\*

\*としては、形状入力装置10から入力された形状に対して照明するライトの位置、ライトの色、ライトの種類（点光源、面光源、平行光源）があり、又、カメラ情報としては、視点の位置座標（3次元）、画角、注視点等の情報がある。

【0020】前記投影処理装置14では、後に詳述する炎画像制作装置18、形状色算出装置20、投影画像制作装置22のそれぞれで実行される投影処理が行われるようになっている。

【0021】又、前記炎パラメータ指定装置16では、次の表1に示すような炎パラメータを指定することができる。

【0022】

【表1】

No.	パラメータ	具体例
1	画像サイズ [画素]	X: 640, Y: 486
2	フレーム総数 [フレーム]	700
3	フレーム処理数 [フレーム/秒]	30
4	粒子の寿命 [秒]	3
5	中心色	red:0.80, grn:0.83, blu:0.08
6	alpha	0.20
7	上昇加速度[m/sec <sup>2</sup> ]	X: 0.10, Y: 0.10, Z: 0.10
8	上昇速度[m/sec]	X: 0.20, Y: 0.20, Z: 0.20
9	渦の個数 [個]	5
10	渦の初期回転速度 [度/秒]	1.0
11	渦の初期回転速度に対するスケール値	10.0
12	渦の半径[m]	10.0
13	ポリゴンサイズ[m]	1.0
14	形状	燐燭
15	フィルタの定数	3

【0023】上記表1で、No. 1の画像サイズは、計算ステップ毎に制作する1フレーム分の画像のXY方向の大きさ、No. 2のフレーム総数は、炎画像を制作するに要する画像フレームの全数、No. 3のフレーム処理数は、1秒当たりで制作するフレーム数、No. 7の中心色は、(red:1.0, grn:1.0, blu:1.0)が白色、No. 6のalphaは、後述する(1

【0024】又、No. 7、8は、上昇移動ベクトルの計算に用いるパラメータ、No. 9～12は渦場移動ベクトルの計算に用いるパラメータ、No. 13のポリゴンサイズは粒子に設定するポリゴンのスケール値で1.0は粒子の初期半径であり、No. 14の形状は、発生源を構成するポリゴンであり、No. 15のフィルタ定数は、後述する図10に示すフィルタの縦横それぞれの数である。

【0025】本実施形態で用いられる炎画像制作装置1※50

※8は、CG制作時に、前記形状入力装置10、ライト、カメラ情報入力装置12からデータを読み込み、炎の揺らぎを表現する画像の制作を自動的に行う装置である。

【0026】この炎画像制作装置18は、計算ステップ毎に、(A)粒子に対して、中心位置座標、半径、仮想エネルギー及び中心色からなる粒子情報を設定する手段と、(B)粒子を、予め設定した運動規則に従ってそれぞれ移動させる手段と、(C)粒子の半径、仮想エネルギー及び中心色の少なくとも前二者を変化させる手段と、(D)粒子を消滅させる手段と、(E)粒子を、その中心位置座標を共通の頂点とし、且つその半径の円に内接する複数のポリゴンに置換する手段と、(F)各ポリゴンについて、前記共通の頂点に設定される中心色と、別途設定される内接頂点の色とに基づいて、ポリゴン内部の色を補間計算して各ポリゴンの色を決定する手段と、(G)全粒子について決定された各ポリゴンの色を合成して炎画像を制作する手段と、(H)各ポリゴン色の合

成が終了した画像に対して、画素値の平滑化処理を施す手段とが、それぞれソフトウェアで構築されている。以下、これら(A)～(H)の各手段について詳述する。

【0027】(A)任意の粒子*i*に対して、中心位置座標、半径、仮想エネルギー及び中心色からなる粒子情報を設定する手段。

【0028】これは、具体的には、炎を粒子の集まりで構成するため、個々の粒子*i*を、計算ステップに当る時間(計算時刻)*t*で規定される、(1)3次元の中心位置座標:  $P_i(t) = (p_x, p_y, p_z)$  と、(2)半

径:  $R_i(t)$ 、(3)仮想エネルギー:  $E_i(t)$ 、(4)中心色:  $C_i(t) = (red, grn, blu, alpha)$  からなる粒子情報を保持するものとして生成する機能と、各粒子情報の初期値を設定する機能とで構成される。

【0029】(1)3次元の中心位置座標の初期位置:  $P_i(t=0)$ は、形状入力装置10から入力された発生源にあたる物体形状を構成する、例えば図2に示す面(ポリゴン)上の位置を、ユーザが指定することにより自動設\*

$$P_i(t) = P_i(t-1) + Masc(t) + Mvor(t) + Mstr(t) \quad \dots (2)$$

【0035】この(2)式は、各粒子の中心位置が、気流の上昇による上昇移動ベクトル:  $Masc(t)$ 、気流の回転による渦場移動ベクトル:  $Mvor(t)$ 、粒子同士の引力又は斥力による移動ベクトル:  $Mstr(t)$  からなる3つの運動規則に従って変更されることを表わしている。

【0036】以下、上記(2)式に含まれる運動規則である各移動ベクトルについて順次説明する。

【0037】(1)上昇移動ベクトル:  $Masc(t)$

この上昇移動ベクトル:  $Masc(t)$ は、例えば時間*t*における上昇の方向を  $Dasc(t)$ 、上昇の大きさを  $const$  としたとき、次の(3)式で表わされる。この  $const$  は、予

※

$$v(d) = (v_{max} / const) \cdot d \quad (0.0 \leq d \leq const) \quad \dots (4A)$$

$$v(d) = v_{max} \cdot (1.0 - \sin \theta) \quad (const < d \leq Rv) \quad \dots (4B)$$

*d*: 渦の中心からの距離

*Rv*: 渦の半径

$v_{max}$ : 渦の最大回転速度

$const$ : 任意の定数 ( $0.0 \leq d \leq Rv$ )

$\theta$ :  $(\pi/2.0) \cdot (Rv - d) / Rv$

【0042】ステップ(i): 渦の発生

$$Rv(t) = Rv(0) \cdot (1.0 + t / Tv) \quad \dots (5)$$

$Rv(0)$ : 渦の初期半径

$Tv$ : 渦の寿命時間

*t*: 任意の時間

【0045】ステップ(iii): 渦の衰退(図5)

渦の衰退は発生後、渦の回転速度が計算ステップ毎に一定の割合で減少すると仮定する。

【0046】

$$v(t) = v(0) \cdot (1.0 - t / Tv) \quad \dots (6)$$

$v(0)$ : 渦の初期回転速度

☆

\* 定できる。その際に発生させる粒子の数: *N*は、例えば指定した面の面積 *area* に比例するとした次の(1)式で設定することができる。この式で  $const$  (定数)はユーザが予め指定する。

$$N = area \times const \quad \dots (1)$$

【0031】又、他の粒子情報の各初期値、即ち(2)

半径:  $R_i(t=0)$ 、(3)仮想エネルギー:  $E_i(t=0)$ 、

(4)中心色:  $C_i(t=0)$ も、ユーザが、予め指定することにより設定される。

10 【0032】(B)発生させた複数の粒子*i*を、予め設定した運動規則に従ってそれぞれ移動させる手段。

【0033】これは、個々の粒子に対して、時間*t*における3次元の中心位置座標:  $P_i(t) = (p_x, p_y, p_z)$  を、1時刻前の時間*t*-1の中心位置座標:  $P_i(t-1)$ から、次の(2)式で変更することにより、各粒子の位置を計算時刻単位で変化させる機能を有している。

【0034】

20※【0038】

$$Masc(t) = const \cdot Dasc(t) \quad \dots (3)$$

【0039】(2)渦場移動ベクトル:  $Mvor(t)$

この渦場移動ベクトルは、気流の回転効果として、仮想的な大小さまざまな渦の速度場を合成して発生させることができる。個々の渦は、以下に示す(0)～(iii)のステップで生成されるものとする。

【0040】ステップ(0): 渦の回転速度の定義(図3)

渦の回転速度  $v(d)$  を以下のように定める。

【0041】

★渦の発生は、その中心位置、半径、回転速度、回転方向、渦の個数を初期的に任意に与えることで行う。

【0043】ステップ(ii): 渦の成長(図4)

渦の成長は発生後、渦の半径が計算ステップ毎に一定の割合で増加すると考える。

★【0044】

☆  $Tv$ : 渦の寿命時間

*t*: 任意の時間

【0047】(3)粒子同士の引力(斥力)による移動ベクトル:  $Mstr(t)$

これは、任意の時間*t*における粒子同士の引力又は斥力による移動ベクトルであり、粒子*i*の移動ベクトル:  $Mstri(t)$ は、次の(7)式で与えられる。

【0048】

☆【数1】

$$Mstr_i(t) = \text{const} \cdot \sum_{j=0, i \neq j}^N (P_j(t) - P_i(t)) \quad \dots (7)$$

const : 任意の定数

N : 全粒子数

P<sub>i</sub>(t) : 粒子iの中心位置座標

P<sub>j</sub>(t) : 粒子jの中心位置座標

【0049】(C) 発生させた各粒子iの半径、仮想エネルギー及び中心色の少なくとも前二者を変化させる手段。

【0050】これは、計算する総時間をTとしたとき、時間tの計算ステップにおける粒子iの半径：R<sub>i</sub>(t)を、粒子の初期半径：R<sub>i</sub>(0)を基に、次の(8)式で計算する機能を有している。

【0051】

$$R_i(t) = (1.0 - t/T) \cdot R_i(0) \quad \dots (8)$$

【0052】又、この手段は、各計算ステップ毎に、前記仮想エネルギー：E<sub>i</sub>(t)を設定する機能を有している。即ち、時間tの粒子iに対して設定する仮想エネルギーE<sub>i</sub>(t)は、例えば計算する総時間をTとして、次の(9)式で計算することができる。

$$E_i(t) = \exp(-t/T) \quad \dots (9)$$

【0054】更に、この手段は、各ステップ毎に、中心色：C<sub>i</sub>(t)を設定する機能を有している。但し、この実施形態では、上記粒子iの中心色：C<sub>i</sub>(t)は常に一定とする。

【0055】(D) 発生させた粒子を消滅させる手段。

【0056】これは、発生させた粒子を所定の条件の下で消滅させる機能を有している。具体的な粒子消滅の方法としては、例えば、前記仮想エネルギーE<sub>i</sub>(t)が所定の閾値以下になった時点で消滅させる方法や、発生時点から所定の時間(寿命)が経過した時点で消滅させる方法等が挙げられる。

【0057】以上詳述した炎画像制作装置16が有する(A)～(D)の各手段を用いて、計算ステップ毎に粒\*

$$C01 = C0 \cdot (1.0 - t) + C1 \cdot t \quad (0.0 \leq t \leq 1.0) \quad \dots (10)$$

(ii) 頂点P0、P2の間をs：(1-s)の比で補間※する点P02の色C02：

$$C02 = C0 \cdot (1.0 - s) + C1 \cdot s \quad (0.0 \leq s \leq 1.0) \quad \dots (11)$$

(iii) 頂点P01、P02の間をk：(1-k)の比で補★40★間する点の色(画素iの色)C<sub>g</sub>：

$$C_g = C01 \cdot (1.0 - k) + C02 \cdot k \quad (0.0 \leq k \leq 1.0) \quad \dots (12)$$

【0064】(G) 全粒子について決定された各ポリゴンの色を合成して炎画像を制作する手段。

【0065】これは、3次元的に分布する複数の粒子を2次元の画像空間へ投影する際、同じ投影方向に並ぶ粒子が重なっている場合、その部分について、そのポリゴン色を奥行き方向に加算する処理を行うことにあたる。このポリゴン色の加算は、図9に1つの画素(pixel)に対して、3つのポリゴンが関係している場合を概念的に示すように、前記図7のように設定した複数の三角形に☆50

\*子を運動させることにより、図6に概念的に誇張して示したような粒子の集合からなる炎が生成されることになる。なお、前記図2に示した炎の発生源にあたるポリゴンは、この図6に破線で示したように炎の下端に位置している。

【0058】(E) 発生された粒子を、その中心位置座標を共通の頂点とし、且つその半径の円に内接する複数のポリゴンに置換する手段。

【0059】図7は、この手段によるポリゴン置換機能を具体的に示したものであり、この実施形態では、中心位置座標：P<sub>i</sub>(t)で半径：R<sub>i</sub>(t)の円形で表わされる粒子を、その中心を共通の頂点とし、他の頂点がそれぞれ円に内接する4つの三角形のポリゴンで置換する場合を示してある。

【0060】(F) 置換された各ポリゴンについて、共通頂点に設定される中心色と、別途設定される内接頂点の色とに基づいてポリゴン内部の色を補間計算して、各ポリゴンの色を決定する手段。

【0061】この実施形態では、上記図7に示した三角形の各ポリゴンについて、粒子の中心に位置する共通の頂点に最高の温度にあたる中心色を、円に内接する側の2つの頂点に最低温度にあたる色(例えば、黒)を割り当て、これら頂点の色を基準として、いわゆるグーローシェーディング(Gouraud shading)によりポリゴン内部の色を補間して設定する。

【0062】ここで、グーローシェーディングの原理を説明すると、図8に示すように、任意の三角形(3次元)ポリゴンの各頂点の座標をP0、P1、P2、各頂点に対応する色をC0、C1、C2としたとき、画素iの色C<sub>g</sub>は下記(10)～(12)式を用いて算出される。

【0063】(i) 頂点P0、P1の間をt：(1-t)の比で補間する点P01の色C01：

☆対して、例えばZバッファリング等の隠面消去処理を施さないグーローシェーディングを行うことにあたる。

【0066】具体的には、前記グーローシェーディングの際、重なっているポリゴンの隠面消去処理は行わず、シェーディング前の画素値をPXi-1、粒子iの色をC<sub>i</sub>としたとき、シェーディング後の画素値PXiを次の(13)式により算出することにより行う。但し、この式でalphaは0から1の間の任意の定数である。

【0067】

1 1

$$PX_i = PX_{i-1} + \alpha \cdot C_i$$

【0068】(H)ポリゴン色の合成(加算)が終了した画像に対して、画素値の平滑化処理を施す手段。

【0069】これは、ポリゴン色の加算が終了した1フレーム分の画像を構成する各画素に対して、図10に示す3×3のフィルタを適用し、その中心の画素値  $n(i, *$

$$n(i, j) = (n(i-1, j) + n(i, j) + n(i+1, j)) / 3.0 \quad \dots (14)$$

$$n(i, j) = (n(i, j-1) + n(i, j) + n(i, j+1)) / 3.0 \quad \dots (15)$$

【0071】以上の計算処理を、計算ステップ毎に発生源から複数の粒子を発生させると共に、それらを移動させながら行うことにより、全計算ステップに相当するフレームからなる炎アニメーション画像を制作することができる。

【0072】次に、以上詳述した炎画像作成装置18の作用を、図11のフローチャートを参照しながら説明する。

【0073】まず、ステップ1で、炎の粒子情報を入力する。即ち、前記パラメータ指定装置16により粒子を付加する形状(発生源)を指定し、形状入力装置10から入力すると共に、表1に示した粒子の半径、仮想エネルギー、中心色をそれぞれ初期値として指定して入力する。

【0074】次いで、ステップ2で粒子の運動規則の情報を入力する。即ち、上記パラメータ指定装置16により、表1に示した上昇、渦場等の各移動ベクトルを算出するためのパラメータを指定して入力する。

【0075】次いで、ステップ3で前記炎画像制作装置18により、時間  $t$  の計算ステップにおける前記(1)～(9)式等により計算される粒子情報の変更処理を行い、ステップ4で、変更後の粒子情報に基づいて、前述した各粒子のポリゴン置換、奥行方向のポリゴン色の加算等の処理からなる炎画像制作処理を行い、ステップ5で時間  $t$  における1フレーム分の炎画像を出力する。

【0076】次のステップ6で、次の計算ステップで制作するフレームがある場合には、時間  $t+1$  について、上記ステップ3～5の処理を最終フレームになるまで繰り返す。以上の処理により、炎アニメーション画像の制作が終了する。

【0077】以上詳述した炎画像制作装置18によれば、特徴を明らかにするため抽出した一部のフレーム画像を図12～図14に示すように、炎の揺らぎが表現された炎画像を制作することができる。

【0078】本実施形態の画像制作システムは、前述した如く、以上詳述した装置10～18と共に、上記炎画像制作装置18から入力される情報に基づいて形状色を算出する形状色算出装置20と、該算出装置20による計算結果に基づいて物体形状の表面に映し出された炎光源(変動光源)による陰影が表現された画像を制作する投影画像制作装置22とを備えている。これら各装置20、22について、以下詳細に説明する。

1 2

$$(0.0 < \alpha < 1.0) \quad \dots (13)$$

\*  $j$ ) を、その横と縦のそれぞれの近傍の画素値を用いて、次の(14)、(15)式によりそれぞれ平均化する処理機能にあたる。

【0070】

※【0079】本実施形態の形状色算出装置20は、位置及び光量の少なくとも一方が変化する変動光源により物体形状の表面に映し出された陰影の色を算出するもので、変動光源としては前記炎画像制作装置18で作成される仮想的な炎を使用する。この炎光源について位置の変化は、計算ステップ毎に炎を構成する炎粒子の中心位置座標を設定変更することにより、又、光量の変化は、各粒子に対する仮想エネルギーの設定変更や粒子数の増減等により実現する。

【0080】この形状色算出装置20は、前記請求項1に記載した、(I)3次元座標データで記述された物体形状を入力すると共に、該形状を複数のポリゴンに分割する手段と、(J)3次元位置座標及び仮想エネルギーの2つの情報を有する1以上の粒子光源を設定し、これら2つの情報の少なくとも一方を計算ステップ毎に変化させる手段と、(K)個々の粒子光源毎に、陰影が映し出される物体形状の表面に平行で、且つ該粒子光源の位置を基準点として正規化された計算用の投影面を発生させると共に、該投影面に前記物体形状を投影する手段と、(L)前記投影面に対して、基準点からの垂線の交点を原点とし、該原点から離れる程小さい値となる、前記粒子光源からの放射エネルギーの分配係数を、画素を単位として設定する手段と、(M)前記物体形状の表面におけるエネルギーを、前記ポリゴンを単位として、各画素に設定された分配係数と、基準点上の粒子光源の仮想エネルギーとに基づいて計算する手段と、(N)各ポリゴン毎に、計算された受光エネルギーと、別途入力される粒子光源の色及び物体形状の色とに基づいて形状色を計算する手段とが、ソフトウェアにより構築されている。以下、これら(I)～(N)の各手段について詳述する。

【0081】(I)3次元座標データで記述された物体形状を入力すると共に、該形状を複数のポリゴンに分割する手段。

【0082】これは、前記形状入力装置(メモリ)10と共に構成され、後述する方法で炎光源により陰影を映し出す対象である物体形状を該形状入力装置10から、投影処理装置14と炎画像制作装置18を介して入力すると共に、それを複数のポリゴンに分割する機能を有している。

【0083】この手段により入力した物体形状の一例を図15に、該形状を複数の三角形(ポリゴン)に分割した状態を図16に、それぞれ概念的に示した。ここに



示した具体例である物体形状は、部屋の内部を表わす壁面であり、図15は上下左右と後方の計5面の壁で囲まれた室内を示している。又、ここで行われているポリゴン分割は、上下5枚の壁をそれぞれ複数の三角形に分割することであり、この図16には便宜上、各壁が4つのポリゴンに分割された状態を示してある。

【0084】(J) 3次元位置座標及び仮想エネルギーの2つの情報を有する1以上の粒子光源を設定し、これら2つの情報の少なくとも一方を計算ステップ毎に変化させる手段。

【0085】本実施形態では、変動光源として炎光源を使用するため、この手段は、各計算ステップ毎に設定される複数の炎粒子(粒子光源)に関する情報を、前記炎画像制作装置18から入力する機能として構築されている。

【0086】具体的には、各計算ステップ毎に、炎を構成する任意の粒子iについて設定される前記(2)式の3次元位置座標 $P_i(t)$ と、前記(9)式で設定される仮想エネルギー $E_i(t)$ を、前記炎画像制作装置18から粒子情報として入力する働きをする。

【0087】(K) 個々の粒子光源毎に、陰影が映し出される物体形状の表面に平行で、且つ該粒子光源の位置を基準点として正規化された計算用の投影面を発生させると共に、該投影面に前記物体形状を投影する手段。

【0088】これは、炎光源を構成する各炎粒子(粒子光源)から、物体形状の表面が受ける光量の程度を計算するために仮想的な投影面を発生させ、且つそこに対象とする形状を投影する機能である。これを、任意の計算ステップで、前記図15に示した床(下壁)の中心付近に破線で示した炎光源Fが形成されている場合を例に説明する。

【0089】図17は、炎光源Fを構成する1つの炎粒子fと、1つの対象とする形状である、例えば図15に示した左側の壁Wと、計算用の投影面Sと、該投影面S上に投影された壁W'との関係を概念的に示したものである。

【0090】上記投影面Sは、上記炎粒子fの位置(前記(2)式で設定される中心位置座標に当る)を基準点\*

$$EC(i,j) = 1.0 / \{ (i^2 + j^2)^2 \pi \} \quad \dots (16)$$

【0097】この分配係数は、炎粒子fからは、直近の原点に最もエネルギーが多く分配され、該原点から離れる程それが少なくなるという原理に基づいて設定されたものであり、同様の効果をもたらすものであれば、他の式で設定してもよい。又、計算ステップ毎に上記(16)式で計算を実行するのではなく、各画素毎に予め数値をテーブルにしておいてもよい。

【0098】(M) 物体形状の表面における受光エネルギーを、ポリゴンを単位として、各画素に設定された分配\*

$$E(k) = \{ E_i(t) / n \} \times \sum EC(i,j) \quad \dots (17)$$

【0101】ここで、 $E_i(t)$ は、前記(9)式で設定★50★されたi番目の粒子が有する仮想エネルギーであるが、こ

\*として正規化されている。図18は、この正規化の意味を概念的に示したもので、現在注目している上記炎粒子fの位置から1.0の位置に垂線の交点を有する仮想的な面であり、図中四角形の柵目で示す画素を単位として構成されている。

【0091】又、上記投影面Sは、対象の壁Wの面と平行であり、該壁Wを上記炎粒子fの位置を基準点として、この投影面S上に投影すると壁W'となる。従って、この投影された壁W'は、上記炎粒子fと壁Wとの位置関係に応じて、投影面S上の位置と大きさが一義的に規定されることになる。

【0092】これを、簡単にするために、図19に示す側面図のみで説明すると、上記のように正規化してあるために炎粒子fと投影面Sとの関係は常に一定である。そのため、実際には壁Wが静止して炎粒子fが移動しているのであるが、炎粒子fの位置を基準に正規化された上記投影面Sとの関係では、これら両者f、Sの間の空間を該壁Wが移動して相対的位置関係が変化したと考える。

20 【0093】従って、上記壁Wが、炎粒子fとの相対関係でW1である場合は、投影面S上では実線で範囲を示すW1'となり、W2である場合は、同様に破線で範囲を示すW2'となる。即ち、壁Wに対して炎粒子fがその位置を変化させることは、投影面S上における壁W'の位置と大きさを同時に変化させることを意味する。

【0094】(L) 計算用の投影面に対して、基準点からの垂線の交点を原点とし、該原点から離れる程小さな値となる、粒子光源からの放射エネルギーの分配係数を、画素を単位として設定する手段。

30 【0095】これは、上記図18を用いて説明すると、投影面Sにおける基準点(炎粒子fの中心)からの垂線の交点Kを原点(0,0)とし、画素を単位とする2次元座標系において、任意の位置(i,j)の画素に対して、次の(16)式により放射エネルギーの分配係数 $EC(i,j)$ を設定する機能である。但し、式中 $\pi$ は円周率であり、又、原点における分配係数 $EC(0,0)$ は、最大分配係数1.0である。

【0096】

$$EC(i,j) = 1.0 / \{ (i^2 + j^2)^2 \pi \} \quad \dots (16)$$

40 ※係数と、基準点上の粒子光源の仮想エネルギーとに基づいて計算する手段。

【0099】これは、物体形状が前記図17に示したように、多数の三角形のポリゴンに分割された壁Wの場合であれば、そこに含まれるk番目のポリゴンが炎粒子fからの受光エネルギー $E(k)$ を次の(17)式により計算する機能である。

【0100】



ここでは現在注目している前記炎粒子 $f$ が有する仮想エネルギーである。

【0102】又、 $n$ は1つの炎粒子 $f$ について、放射するエネルギーを調整するための任意の定数であり、実際の画像に合わせて適宜適切な数値が設定される。但し、ここでは、光を放射する対象が前記図15、図16に示した壁であり、それぞれについて前記投影処理を行って受光エネルギーを計算することになるため、その投影方向の数に当る $n=5$ としている。即ち、炎粒子 $f$ から5枚の壁にそれぞれ同等のエネルギーが放射されるものとして計算している。

【0103】又、 $\Sigma E C k(i, j)$ は、前記(16)式により、投影面 $S$ 上に投影された $k$ 番目のポリゴンに含まれる各画素に設定された分配係数の総和である。

【0104】(N)各ポリゴン毎に、計算された受光エネルギーと、別途入力される粒子光源の色及び物体形状の色とに基づいて形状色を計算する手段。

【0105】これは、前記(17)式で求めた、 $k$ 番目のポリゴンの受光エネルギー $E(k)$ を用いて、該 $k$ 番目のポリゴンの形状色 $C(k)$ を、次の(18)式により計算する機能である。

$$C(k) = C_{orig}(k) + C_p \times E(k) \quad \dots (18)$$

【0107】ここで、 $C_{orig}(k)$ は、別途入力される $k$ 番目のポリゴンが有するオリジナルの形状色、 $C_p$ は、炎粒子 $f$ が有する色で、前記炎画像制作装置18で設定した中心色 $C_i(k)$ に当る。

【0108】本実施形態の画像制作システムは、更に、物体形状を2次元投影して投影画像を作成すると共に、個々の粒子光源について計算された各ポリゴンの形状色を、該投影画像の対応するポリゴンに付加し、変動光源からの光が物体形状の表面に映し出された画像を制作する手段である、前記投影画像制作装置22を備えている。

【0109】これは、前記形状入力装置10から入力した前記図15の物体形状を、前記ライト、カメラ情報入力装置12から入力される情報を用いて、前記投影処理装置14で投影処理して得られるデータに基づいて投影画像を制作する通常の2次元投影画像の制作機能と、レンダリング機能とで構成されている。

【0110】次に、本実施形態の作用を、図20のフローチャートを参照しながら説明する。

【0111】まず、ステップ11で必要な情報の入力を行う。即ち、図示しないキーボード等の入力装置を用いて対象の物体形状に関する形状データを指定することにより、前記図15に示した物体形状を表わすに必要な3次元座標の形状データを、前記形状入力装置10から入力すると共に、形状のオリジナル色 $C_{orig}(k)$ に当る形状色データを指定して入力する。又、同時に前記炎パラメータ指定装置16により、炎光源を作成するに必要な

炎粒子の中心位置座標、仮想エネルギー、光源の色等の炎粒子情報を指定して、炎画像制作装置18より入力する。

【0112】次いで、ステップ12で、入力した前記図15の物体形状を、図16に示したように複数の三角形のポリゴンに分割する。

【0113】次いで、ステップ13で1つの炎粒子について正規化された投影面における各画素の分配係数を、前記(16)式を用いて算出する。その後、ステップ14で、前記図17に示したように炎光源 $F$ から1つの炎粒子 $f$ を選択し、該炎粒子 $f$ についてこれを映し出す1つの壁 $W$ を選択すると共に、対応する方向に投影面 $S$ を発生させ、これにポリゴン分割した該壁 $W$ を投影して $W'$ とする。

【0114】次いで、ステップ15で、上記投影面 $S$ 上に投影された壁 $W'$ に含まれる各ポリゴンについて、前記(17)、(18)式を用いてそれぞれの次形状色を算出する。

【0115】上記ステップ14の壁 $W$ の投影処理と、ポリゴンを単位として行うステップ15の形状色算出処理は、 $N$ 方向について行う。この $N$ 方向は、炎粒子 $f$ が映し出される周囲 $n$ 面の壁(図15の場合は $n=5$ )のいずれか1つを意味し、最終的に $n$ 方向の全てについて行う。又、この両ステップ14、15の処理は、炎光源 $F$ に含まれる複数の炎粒子について同様に実行し、各ポリゴンの形状色は各粒子毎に求まる形状色の合計の値とする。但し、必ずしも炎を構成する全ての粒子について実行する必要はなく、代表として選択した粒子のみについて実行してもよい。

【0116】次いで、ステップ16では、 $n$ 方向の全ての壁について算出された形状色を、1つの計算ステップの形状色として出力し、例えばメモリに保存すると共に、前記ステップ13に戻って次の計算ステップの炎光源 $F$ について、このステップ13からステップ16までの上述した各処理を繰り返す。同様の処理を、時間 $t$ を単位として、総制作時間を $T$ とした場合、これに相当する $T/t$ 回の計算ステップについて実行し、それぞれの形状色を算出する。

【0117】全ての計算ステップについて前記ステップ13～ステップ16の各処理が終了し、各ステップ毎の全ての三角形ポリゴンの形状色の算出が終了したら、それを三角形分割形状データ(ポリゴン形状データ+形状色データ)として前記投影画像制作装置22に出力する(ステップ17)。

【0118】上記三角形分割形状データが投影画像制作装置22に入力されると、該制作装置22では前記物体形状の2次元投影画像を制作すると共に、該投影画像に対して、計算ステップ毎にポリゴンを単位として算出した前記形状色を割り当てるレンダリング処理を順次実行し、CGアニメーション画像が制作される。

【0119】以上詳述した本実施形態により制作された2次元投影画像の特徴を明らかにするために、その具体例を図21(A)～(F)に示した。

【0120】これらの画像には、炎光源自体は投影されていないが、図21(A)を暗い部屋の中で炎を点灯した初期の画像とし、前記計算ステップを追う毎に炎の明るさが強くなっていき、それにれて壁面の陰影が変化していく様子が描かれており、同図(F)がこの中で一番時間が遅い画像にあたる。

【0121】なお、具体例として示した上記投影画像は、前記図15において、丁度炎画像Fの真上の中間位置に立方体Cが宙吊りの状態になっている場合を想定しており、そのため図面上は明確ではないが、天井にあたる上壁には、該図15に二点鎖線で示したC'の位置に該立方体Cの影が生じている。

【0122】以上詳述した如く、本実施形態によれば、炎を光源としたときに、物体の表面に映し出される陰影の揺らぎを表わす形状色を算出することができるので、フォトリアルな陰影画像の制作が可能となる。

【0123】又、前記図21(A)～(F)の画像に、前記炎画像制作装置18で制作した対応する炎画像を、図15のFの位置に投影すると、一段とリアルな画像を制作することが可能となる。

【0124】以上、本発明について具体的に説明したが、本発明は、前記実施形態に示したものに限られるものでなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

【0125】例えば、前記(J)の粒子光源を設定し、変化させる手段としては、計算ステップ毎に前記炎画像制作装置18から粒子情報を入力する機能であるとして説明したが、これに限られるものでなく、形状色算出装置20自体が、同様な機能を有するようにしてもよい。

【0126】又、前記実施形態では、計算用の投影面Sが、対象とする物体形状の表面に平行である場合を示したが、これに限定されない。

【0127】又、変動光源は、複数の粒子光源からなる炎光源に限られるものでなく、位置や明るさが変化する豆電球のように、粒子光源が1つの場合であってもよい。

【0128】

【発明の効果】以上説明したとおり、本発明によれば、炎を初めとする、位置や光量が経時的に変化する変動光源により、物体形状の表面に映し出される陰影の揺らぎを表現する形状色を計算することができる。従って、この形状色を用いることにより、変動光源により物体形状の表面に映し出された陰影の揺らぎが表現されたりリアルな画像を制作することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態の形状色算出装置を含む画像合成システムの概略構成を示すブロック図

【図2】粒子の初期位置の設定方法を示す説明図

【図3】渦場を構成する渦を概念的に示す線図

【図4】渦の成長を概念的に示す線図

【図5】渦の衰退を概念的に示す線図

【図6】炎の構成を概念的に示す説明図

【図7】粒子のポリゴン置換を概念的に示す説明図

【図8】グーローシェーディングの原理を説明するための線図

【図9】ポリゴン色の加算処理を概念的に示す説明図

【図10】平滑化処理の原理を示す説明図

【図11】炎画像作成装置の作用を示すフローチャート

【図12】炎画像作成装置で制作した1フレーム分の炎画像の一例を示す説明図

【図13】炎画像作成装置で制作した1フレーム分の炎画像の他の一例を示す説明図

【図14】炎画像作成装置で制作した1フレーム分の炎画像の更に他の一例を示す説明図

【図15】画像制作対象の物体形状を概念的に示す説明図

【図16】上記物体形状のポリゴン分割を概念的に示す説明図

【図17】炎粒子、壁、投影面の関係を示す説明図

【図18】投影面の正規化と、分配係数の意味を概念的に示す説明図

【図19】投影面上に投影された形状と炎粒子との関係を示す説明図

【図20】実施形態の作用を示すフローチャート

【図21】計算ステップ毎に算出した形状色を用いて制作した経時的に変化する投影画像の一例を示す説明図

【符号の説明】

10…形状入力装置

12…ライト、カメラ情報入力装置

14…投影処理装置

16…炎パラメータ指定装置

18…炎画像制作装置

20…形状色算出装置

22…投影画像制作装置

F…炎光源

f…炎粒子

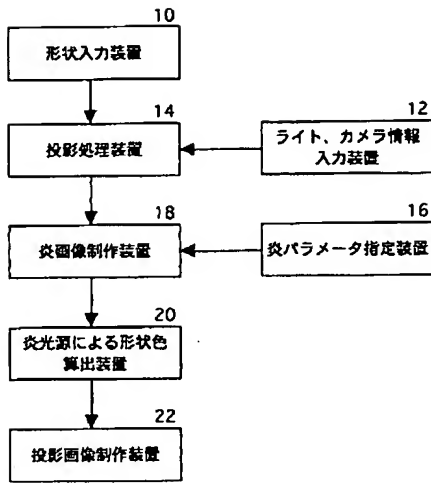
W…壁

S…投影面

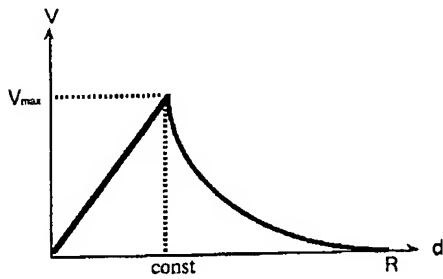
W'…投影された壁

C…立方体

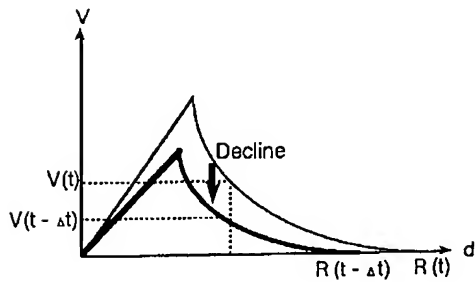
【図1】



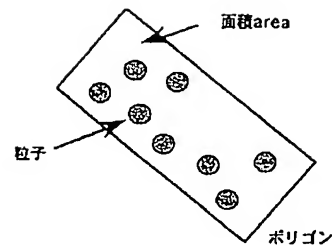
【図3】



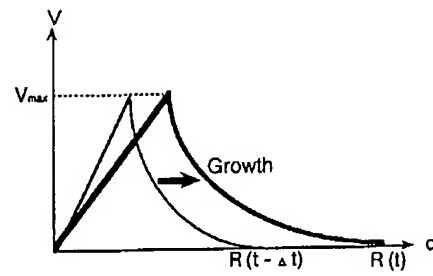
【図5】



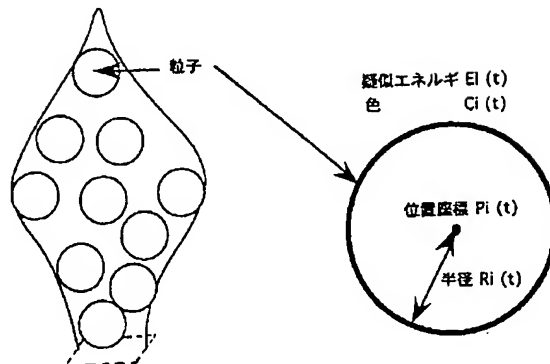
【図2】



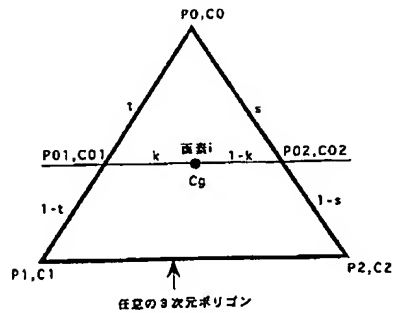
【図4】



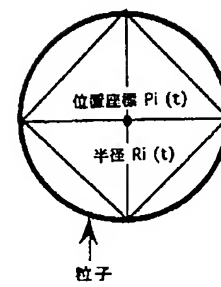
【図6】



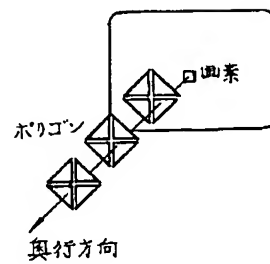
【図8】



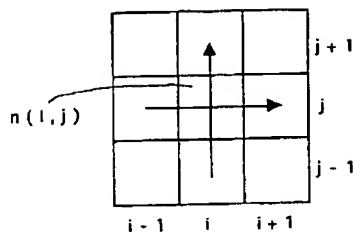
【図7】



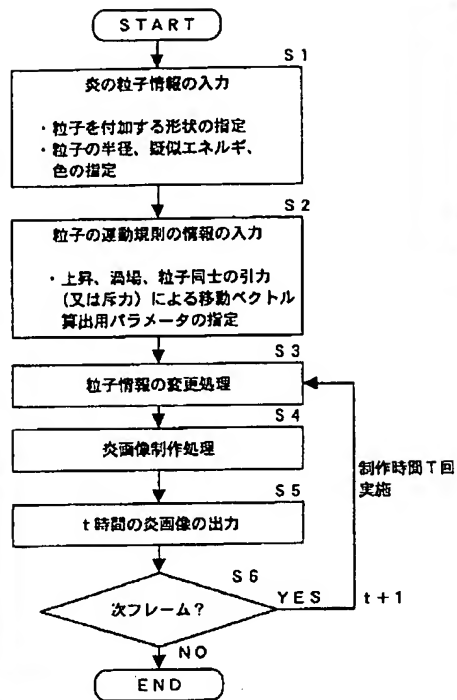
【図9】



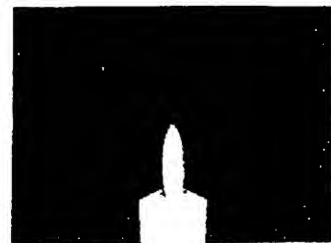
【図10】



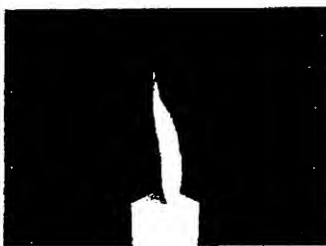
【図11】



【図12】



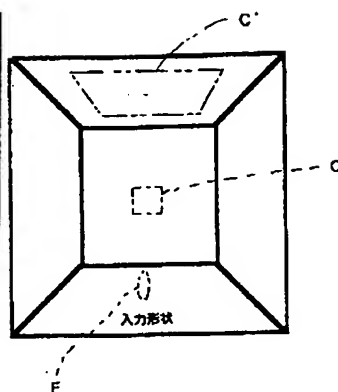
【図13】



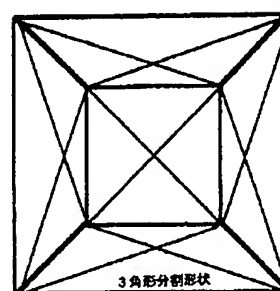
【図14】



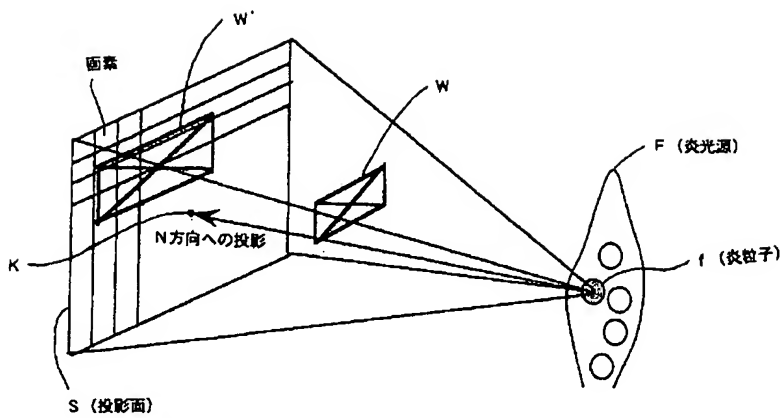
【図15】



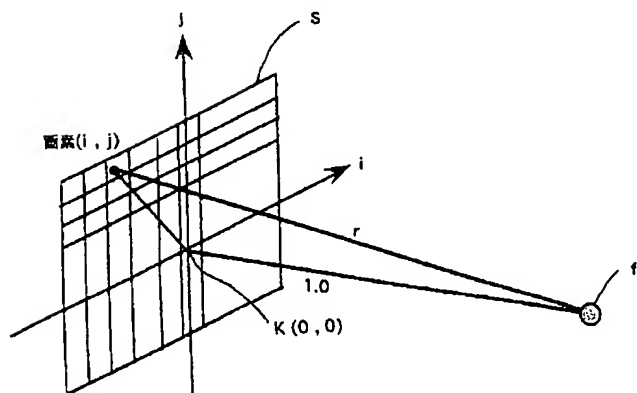
【図16】



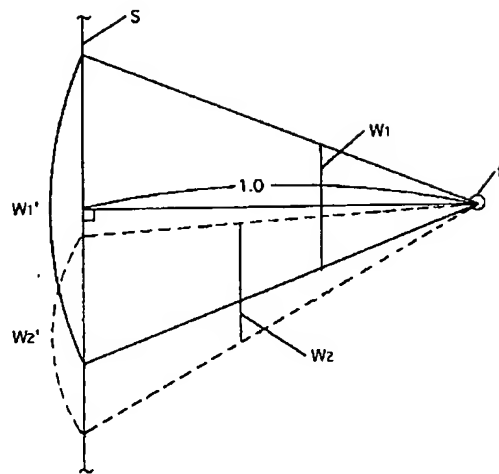
【図17】



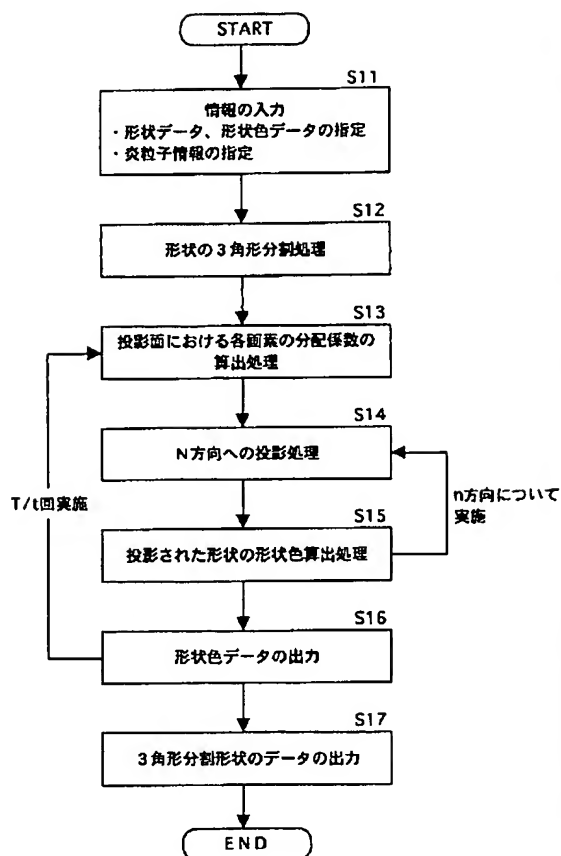
【図18】



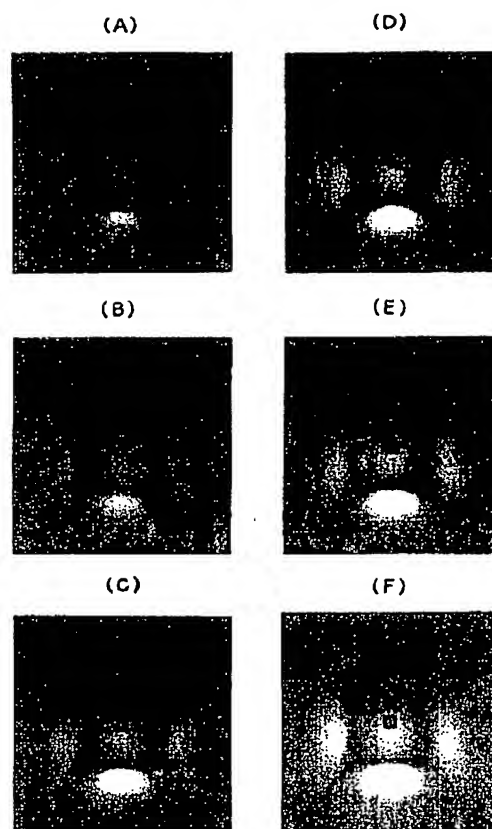
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 明  
東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号  
大日本印刷株式会社内

**PAT-NO:** JP410162164A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 10162164 A  
**TITLE:** SHAPE COLOR CALCULATING DEVICE BY VARYING LIGHT SOURCE, AND IMAGE PRODUCTION DEVICE INCLUDING THE SAME

**PUBN-DATE:** June 19, 1998

**INVENTOR-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
TAKAKURA, AKIRA	
IINUMA, TERUAKI	
YAMAJI, MASATAKA	
SATO, AKIRA	

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
DAINIPPON PRINTING CO LTD	N/A

**APPL-NO:** JP08318311

**APPL-DATE:** November 28, 1996

**INT-CL (IPC):** G06T017/00 , G06T015/00

**ABSTRACT:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To calculate a shape color representing fluctuations of shades projected on the surface of a body shape by the varying light source such as a flame, which varies in position and light quantity with time.

**SOLUTION:** The device is equipped with a means, which generates projection surfaces S for calculation, which are normalized on the basis of the positions of individual flame particles (f) constituting the varying light source as reference points, by the flame particles (f) and projects a body shape W on the projection surfaces S, a means, which sets distribution coefficients of radiation energy from the flame particles (f) by pixels so that the values



decrease with the distances from the intersections K of perpendiculars from the reference points as origins, a means, which calculates the photodetection energy on the surface of a wall W in units of polygons obtained by dividing the shape from the distribution coefficients set for the respective pixels and the virtual energy of the flame particles (f) on the reference points, and a means, which calculates the shape color by the polygons from the photodetection energy, and the colors of the flame particles and the color of the wall.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO